

Aus der Universitäts-Augenklinik Marburg an der Lahn

Direktor: Prof. Dr. med. W. Straub

MARBURG 1968

Der Myopisierungseffekt des Pilocarpins

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der gesamten Medizin
der hohen Medizinischen Fakultät
der Philipps-Universität Marburg

vorgelegt von

Johanna-Luise Morlang

aus Kassel

Marburg 1968

Fotodruck von Erich Mauersberger in Marburg

Aus der Universitäts-Augenklinik Marburg an der Lahn

Direktor: Prof. Dr. med. W. Straub

Der Myopisierungseffekt des Pilocarpins

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der gesamten Medizin
der hohen Medizinischen Fakultät
der Philipps-Universität Marburg

vorgelegt von

Johanna-Luise Morlang

aus Kassel

Marburg 1968

Fotodruck von Erich Mauersberger in Marburg

Angenommen von der Medizinischen Fakultät
der Universität Marburg

am : 29. Januar 1968

Dekan : Professor Dr.med. R.Siegert

Referent : Dozent Dr.med. W.Aust

Correferent : Professor Dr.med. W.Straub

Gedruckt mit Genehmigung der Fakultät

Inhaltsverzeichnis

	Seite
I. Einleitung	1
II. Anatomie und Physiologie des Ciliarkörpers	1
III. Pharmakologie des Pilocarpins	8
IV. Pilocarpinwirkung auf den Ciliarkörper	10
V. Eigene Untersuchungen	12
a) Patientenauswahl	14
b) Versuchsanordnung	15
c) Ergebnisse und Diskussion	16
1. Zeitabhängigkeit	16
2. Altersabhängigkeit	21
3. Refraktionsabhängigkeit	29
4. Reaktionsdifferenzen	49
5. Visusänderung	52
6. Nebenwirkungen	54
VI. Zusammenfassung	55
VII. Literaturverzeichnis	57



Digitized by the Internet Archive
in 2026

I. Einleitung.

In der Glaucomtherapie spielen Miotica eine wichtige Rolle. Am häufigsten wird Pilocarpin angewandt. Es kann besonders bei jungen Patienten vorkommen, dass als Nebenwirkung der Tropfmedikation Sehstörungen auftreten, die vor allem ihre Ursache in dem Myopisierungseffekt der Miotica haben. Diese Arbeit hat es sich zur Aufgabe gesetzt, dem Problem der Sehverschlechterung nachzugehen. Es wurden hierfür hundert normale Patienten ausgesucht, die nach Tropfen von Pilocarpin auf das Ausmass und die Dauer der durch Pilocarpin bedingten Refraktionsveränderung hin untersucht wurden.

II. Anatomie und Physiologie des Ciliarkörpers.

Die älteren Histologen unterschieden an der Ciliarmuskulatur drei anatomisch deutlich unterscheidbare Muskelportionen. Ihre Gliederung bestand in einem äusseren, meridional laufenden Teil, dem Brücke'schen Muskel, einer radiär gestellten Portion, dem Iwanoff'schen Muskel, und einem dritten zirkulär angeordneten Muskel, der nach Müller benannt ist. Als A. Benninghoff die Lehre von der funktionellen Anatomie zu allgemeiner Bedeutung ausgebaut hatte, folgten zahlreiche neuere Untersuchungen.

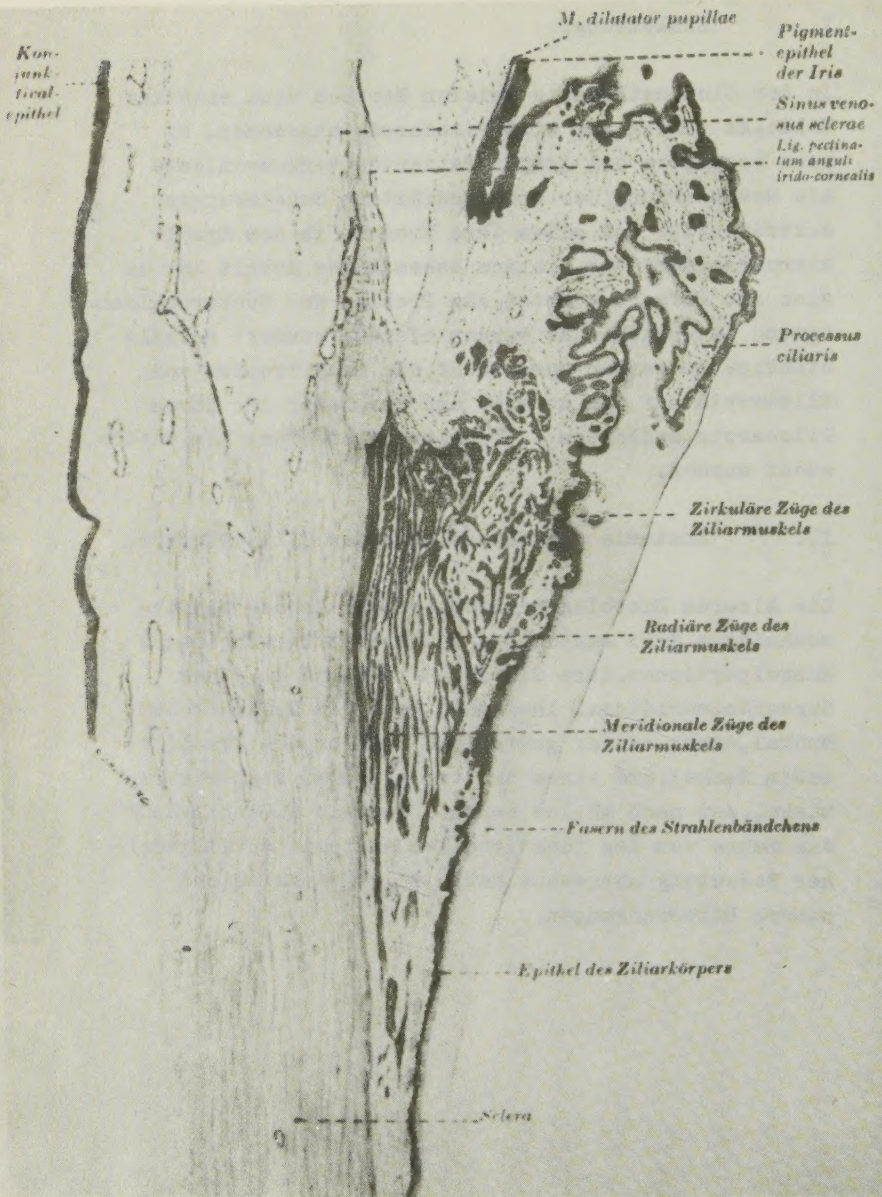


abb.1 Ciliarkörper und Iridocornealwinkel am Meridionalschnitt. (Benninghoff p.423 / 358)

Die Ciliarmuskulatur wurde als ein echtes, elastisch-muskulöses System betrachtet. Bei einer räumlichen Strukturanalyse stellte sich der Ciliarmuskel als ein einheitliches, geordnetes und zusammenhängendes Gefüge dar, sowohl in der Fläche als auch nach der Tiefe. Die Muskelbündel bilden ein dreidimensionales Gitter mit aussen gestreckten, spitzen Verflechtungswinkeln, in der Mitte mit rechtwinklig verflochtenen Faserzügen und innen breitwinkligem, nahezu zirkulär geordneten Bündeln. Die Winkel, welche die Muskelbündel miteinander bilden, werden von aussen nach innen immer grösser. Nun besteht aber kein streng geordnetes anatomisches System, sondern einzelne Faserzüge biegen arkadenförmig von einer in die andere Anordnung ein, so dass es zu innigen Verflechtungen unter den einzelnen Schichten kommt. Nach hinten zu biegen die Muskelbündel meist bogenförmig in äquatoriale Züge um. Mehrere dieser Bündel werden dann zusammengefasst und strahlen nach rückwärts mit elastischen Sehnenpinseln in die Grundplatte ein, welche sich nach hinten in die Lamina elastica chorioidea fortsetzt. Die vordere, äussere Fixation ist komplizierter, da sich hier die Ciliarmuskulatur fünf elastische Ansatzpunkte sucht. Einerseits gehen Sehnen des meridionalen Muskelgitters direkt in die Sklera über, zum anderen besteht eine feste Verankerung der vorderen Muskelanteile mit dem Skleralsporn. Eine dritte Gruppe von elastischen Sehnen durchsetzt den Skleralsporn ganz und biegt arkadenförmig in das Fasergerüst des Trabeculum corneosclerale ein. Ein vierter Ansatz liegt in dem Kornealstroma. Als letztes strahlen zirkulär verlaufende Sehnen der Müllerschen Muskelportion in den elastischen Sehnenring der Iriswurzel ein. (Benninghoff, Rohen, Meesmann).

Der Ciliarmuskel erfährt im Lauf des Lebens eine fortlaufende Umgestaltung. Beim Neugeborenen ist er noch nicht voll ausgebildet. Ein gewisser Abschluss seiner Entwicklung ist erst mit etwa zwanzig Jahren erreicht. Der jugendliche Ciliarmuskel besteht hauptsächlich aus dem meridionalen und radiären Teil. Die zirkuläre Muskelportion fehlt noch bei der Geburt und entwickelt sich erst im Laufe der ersten zwei Lebensjahrzehnte. Daher hat der Muskel noch nicht wie im späteren Leben seine Dreiecksform; die nach innen vorspringende Kante, der zirkuläre Teil, ist noch nicht vorhanden. Ausserdem ist das Bindegewebe in der radiären Portion, die sich eng an die meridionalen Muskelzüge anlegt, noch nicht entwickelt. Bis zum Alter von dreissig bis fünfunddreissig Jahren vermehren sich die Muskelfasern und das Bindegewebe annähernd gleich stark, wobei besonders der zirkuläre Teil des Muskels zunimmt. Während die radiäre Portion ihren Grössenzuwachs hauptsächlich dem vermehrt eingelagerten Bindegewebe verdankt, fehlt dieses in dem zirkulären Anteil. Die kräftig entwickelten, zirkulären Fasern geben dem Muskel jetzt seine charakteristische Dreiecksform. Vom fünfunddreissigsten bis sechzigsten Lebensjahr erfährt der Muskel seine sogenannte erste Umgestaltung, bei welcher der meridionale Muskelteil ebenso wie die hinteren radiären Fasern atrophieren, während sich der zirkuläre Teil noch mehr entwickelt. Der Muskel wird dadurch hinten kürzer, vorn breiter, der Winkel an der Kante wird etwa ein rechter. Die Einlagerung von interstitiellem Bindegewebe in die radiäre Portion schreitet fort. Beginnend mit etwa sechzig Jahren, vollzieht sich die senile Involution bei der Frau in verhältnismässig kürzerer Zeit als beim Mann. Gleichzeitig nimmt die bindegewebige Durchsetzung des Muskels zu, der zuerst sklerotisch und

dann hyalin umgewandelt wird, womit beidemal eine Volumenvermehrung verbunden ist. Auch in dieser Phase der zweiten Umgestaltung bleiben noch Muskelfasern funktionstüchtig. (Fuchs, Stieve).

Der Muskel des Hypermetropen und Myopen hat ein anderes Aussehen als der des Emmetropen. Die zirkuläre Portion des hypermetropen Auges ist stärker entwickelt, wohingegen sie im myopen Auge schwach ausgebildet ist oder ganz fehlt. Die meridionale und die radiäre Portion schwankt in der Stärke bei den verschiedenen Refraktionen kaum. Die Ciliarmuskelform als Ganzes hat jedoch bei den Hypermetropen und Myopen durchaus ein anderes Aussehen. Es besteht anscheinend eine echte Korrelation zwischen Bulbusgrösse und Muskelform. Je länger der sagittale Durchmesser des Auges ist, um so gestreckter erscheint der Muskel; je kürzer das Auge gebaut ist, um so dicker und gedrungener ist er, so dass die Kante mehr hervortritt. Diese Unterschiede sind also rein aus der Form des Auges zu erklären, während die unterschiedliche Ausbildung der Muskelanteile funktionell bedingt ist. (Fuchs, Unger).

Der Ciliarmuskel ist reich mit Nerven versorgt. Als *nervi ciliares breves* treten an ihn die im Ganglion ciliare umgeschalteten parasymphatischen Nerven heran. Sie werden von sympathischen Fasern aus dem plexus caroticus internus und sensiblen Fasern, dem nervus ciliaris longus, aus dem nervus nasociliaris begleitet. Die Fasern bilden im Musculus ciliaris ein dichtes Ringgeflecht, den Plexus ciliaris, der auch multipolare und bipolare Ganglienzellen enthält. (Benninghoff, Rohen). Die Dicke des Geflechtes nimmt von aussen nach innen ab. Die Neuronen des Plexus zeigen nach zahlreichen Verzweigungen ringförmige, retikuläre oder ösenartige Endigungen. Die Innervation der Ciliarmuskulatur

unterscheidet sich in manchen Punkten von der anderer glatter Muskelsysteme. Während die glatte Muskulatur sonst mehr netzförmig, diffus nervös versorgt wird, hat die Ciliarmuskulatur eine nahezu individuelle Innervation, indem jede Faser bis in Kernnähe einen innervierenden Zweig erhält. Der Muskel zeigt eine schnellere Reaktionsweise als die übrige glatte Muskulatur. (Wolters)

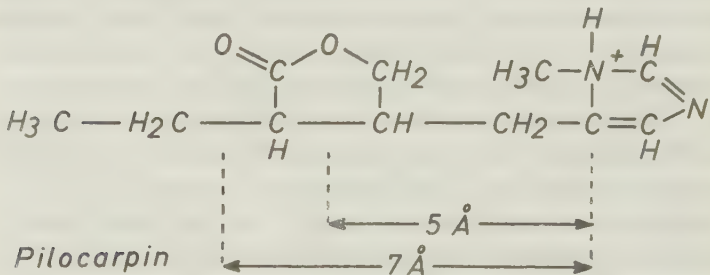
Entscheidend zum Unterschied anderer glatter Muskeln ist die willkürliche Fern- und Naheinstellung des Ciliarmuskels. Der willkürliche Gebrauch wird uns nicht in jedem Punkt bewusst, aber auch bei den feineren Bewegungen der Hand kontrahieren und entspannen wir nicht jeden Muskel einzeln, sondern das Spiel läuft als ganzes nach einer übergeordneten Intention ab. (Siebeck, Meesmann) Die Akkommodationsruhelage ist ein etwas unstabiler Gleichgewichtszustand zwischen Fern- und Naheinstellung, der sich durch willkürliche Innervation nach beiden Seiten verändern lässt. Wie zahlreiche Untersuchungen bewiesen haben, kommt es nach Parasympathicusreiz zu einer immer steigenden Kontraktion des Muskels bis zum Nahpunkt. Die Naheinstellung kann in der Kindheit bis zu vierzehn Dioptrien betragen. Durch Sympathicusreiz wird aktiv die Nahakkommodation aufgehoben und über den Ruhepunkt hinaus noch um 1,5 Dioptrien verschoben. (Meesmann, Monjé) Bei der Kontraktion des Muskels kommt es nicht nur zu einer Verdickung und Verkürzung der einzelnen Muskelfasern, sondern das ganze Gefüge wird umgelagert. Das Gitternetz des Muskels kann sich nach vorn innen so entfalten, dass aus dem meridionalen und radiären Anteil immer mehr Ringfasernzüge in die zirkuläre Portion herausgespreizt werden. Die Vergrößerung der Müllerschen Muskelportion liegt im Vergleich zum nicht kontrahierten Muskel zwischen

34 - 49 %.(Rohen) Der Muskel,der an beiden Enden mit elastischen Sehnen fixiert ist,bewegt sich unter der Kontraktion nach vorn innen,wo keine sehnige Verankerung besteht.Durch die Kontraktion des Müllerschen Muskels werden die Ciliarfortsätze dem Linsenäquator genähert,das Strahlenbändchen entspannt sich,und die Linse nähert sich kraft ihrer eigenen Elastizität mehr der Kugelform.Erschlafft der Ciliarmuskel wieder,dann ziehen sich die vorher gespannten elastischen Bestandteile der Ansätze wieder zusammen,das Linsenbändchen spannt sich,und die Linse flacht sich ab.(Benninghoff) Man kann jetzt den oben erwähnten morphologischen Altersumbau des Ciliarmuskelsystems funktionell verstehen.Aus dem ursprünglich mehr längsorientierten System wird im Laufe der ersten Lebensjahrzehnte zunehmend ein zirkuläres Fasersystem gebildet.Obwohl die Umgestaltung in erster Linie durch Faservermehrung zustande kommt,lagern sich die muskulären Gitter auch zusätzlich in zirkuläre Netze um.Da die Altersveränderungen der Linse schon in den ersten Lebensjahrzehnten einsetzen und die Akkommodationsbreite kontinuierlich abnimmt,könnte die Entfaltung des Ciliarmuskelapparates bis zum fünfunddreissigsten Lebensjahr als funktionelle Anpassung an die zunehmende Involution des dioptrischen Apparates aufgefasst werden.(Rohen) Im Alter, wenn die Kraft des Ciliarmuskels nicht mehr ausreicht, die verhärtete Linse zu entspannen,beginnt die Involution der Fasern und die bindegewebige Durchsetzung. Wie Stieve feststellte,bleiben nur einzelne Teile des meridionalen Anteils funktionstüchtig,da sie eine von der Akkommodation unabhängige Aufgabe haben,das Trabeculum corneosclerale offen zu halten. - Auch die unterschiedliche Architektur hypermetroper und myoper Augen lässt sich jetzt funktionell verstehen.

Das myope Auge, das fast nie zur Akkommodation gezwungen wird, entwickelt den Müllerschen Muskel nicht in dem Ausmass wie das emmetrope und bleibt damit gewissermassen auf einer kindlichen Stufe stehen. Der Hypermetrope, der schon in die Ferne akkommodieren muss, passt sein Auge dieser dauernden Anstrengung durch eine Hyperplasie der zirkulären Portion an.

III. Pharmakologie des Pilocarpins.

Pilocarpin ist ein Alkaloid aus den Blättern (Folia Jaborandi) von *Pilocarpus pennatifolius*. Es wurde 1871 zuerst von Hardy isoliert.



1874 machte Coutenhan, ein brasilianischer Physiologe, mit dem Pflanzenextrakt die ersten Experimente. Er zeigte die schweisstreibende Wirkung. 1876 beschrieb Weber die Wirkung des Alkaloids auf die Pupillen und die Schweiss- und Speicheldrüsen. Es schlossen sich zahlreiche Arbeiten an, die langsam die Wirkung, die Struktur und den Angriffspunkt des Medikamentes aufklärten. (Goodman) Pilocarpin ist ein direktes Parasympathomimetikum, es verbindet sich wie Acetylcholin direkt mit dem Rezeptor in der Zellmembran. Dadurch ändert sich

die Membranpermeabilität an dieser Stelle. Die Membran wird für Kalium, Natrium und Calcium durchlässig, das heisst, es kommt zu einer Störung der vorher bestehenden transmembranösen Fließgleichgewichte und zu einer Änderung des Membranpotentials. An den glatten Muskeln tritt eine Depolarisation an den motorischen Endplatten und damit eine Kontraktion ein. Pilocarpin ist eine stark polare Substanz, die ein positiv geladenes Stickstoffatom und ein "elektronegatives" Sauerstoffatom hat. Für die Bindung an den Rezeptor sind beide reaktiven Stellen im Molekül notwendig. Die Wirkung vom Pilocarpin ist länger als die vom Acetylcholin, da es nicht von der Cholinesterase angegriffen werden kann. Die Elektronenverlagerung am doppelgebundenen Sauerstoffatom und am positiven Stickstoffatom ist durch die benachbarten Gruppen nicht mehr möglich. Entscheidend für die Reaktion ist ausserdem die Entfernung zwischen den beiden aktiven Gruppen, die wie bei Acetylcholin $7 \text{ \AA}$ beträgt. Da die Beeinträchtigung der Herzfunktion ausgeprägt ist, wird das Medikament meist nur noch lokal am Auge zur Drucksenkung bei Glaucom oder in der Behandlung des Beugleitschielens bei Störungen im Akkommodations-, Konvergenzmechanismus angewandt. (Möller, Kuschinski, Anderson, Lewin)

Gibt man Pilocarpin als Tropfen in den Bindehautsack, so müssen für das Eindringen in das Auge verschiedene chemische und physikalisch-chemische Bedingungen erfüllt sein. Unmittelbar besteht die Gefahr der Zerstörung durch den alkalischen Tränenfluss. Das zweite Hindernis, das der Stoff zu überwinden hat, ist die Cornea. Um die Hornhaut durchdringen zu können, muss ein Medikament wasser- und lipidlöslich sein. Hornhautepithel und -endothel werden in der lipidlösli-

chen, das Hornhautparenchym in der wasserlöslichen Phase durchschritten. Die dritte Möglichkeit, die Wirkung zu verhindern, ist die Zerstörung durch körpereigene Stoffe, wie das beim Acetylcholin durch die Cholinesterase der Fall ist, und wovon, wie oben erläutert wurde, Pilocarpin geschützt ist. (Jaeger)

Bei Pilocarpin überrascht die Schnelligkeit der Diffusion durch die Cornea. Es kann unmittelbar nach dem Eintropfen in den Bindehautsack in hohen Konzentrationen im Kammerwasser nachgewiesen werden. Nach Thiel ist die maximale Konzentration von Pilocarpin im Kammerwasser schon nach 1,5 - 3 Minuten erreicht. Hockwin fand, dass 20 Minuten nach Eintropfen einer 2%igen Pilocarpinlösung in den Bindehautsack (das entspricht ungefähr 2000 γ Pilocarpin) bereits $1/5 - 1/10$ der eingetropften Menge ($215 \mu \gamma / 0,1 \text{ ml}$ Kammerwasser) im Kammerwasser mit Hilfe der polarographischen Adsorptionsanalyse ermittelt werden kann. Da aber je Minute $1/5$ des Kammerwassers durch Diffusion mit den benachbarten Geweben ausgetauscht wird, würde ohne Haftfestigkeit das Pilocarpin schnell weggespült sein. (Jaeger) Auch nach Gaben von 7%igem Pilocarpin konnte Thiel nach 4 - 6 Minuten kein Pilocarpin mehr im Kammerwasser nachweisen. Die langanhaltende Wirkung muss also auf Haften des Medikamentes am Gewebe beruhen, was schon oben durch die beiden reaktiven Gruppen erklärt wurde.

IV. Pilocarpinwirkung auf den Ciliarkörper.

Die pharmakologische Parasympathicusreizung durch Pilocarpin bewirkt einen Akkommodationskrampf. Die Beziehung zwischen pharmakologischem Reiz und Verkürzung des Ciliarmuskels unterliegt dem Weber-Fechnerschen

Gesetz. (Meesmann) Es trat bei geometrischer Konzentrationssteigerung eine Zunahme der Kontraktion in arithmetischer Reihe auf. Die charakteristische Wirkung des Pilocarpins besteht darin, dass es unabhängig neben den nervösen Reiz tritt, da es an den Muskelzellen selbst angreift. Es verstärkt ihn additiv. Zu dem Blick in die Ferne tritt die gleiche Dioptrienzahl wie zum Nahpunkt. Der Nah- und Fernpunkt unterscheiden sich also um die gleiche Dioptrienzahl wie bei dem unbeeinflussten Auge. (Siebeck)

Um die Verkürzung des Ciliarmuskels nach Pilocarpin zu messen sind verschiedene Experimente gemacht worden. Teulière legte das Auge eines Hingerichteten direkt nach dem Tode in Pilocarpin. Nach 20 Minuten war der Erfolg maximal. Der Ciliarmuskel war kugelig infolge der Verkürzung der Längsfasern, er ähnelte dem des Hypermetropen. - Unger hat seine Versuche am Ciliarkörperband mit Hilfe der Gonioskopie durchgeführt. Er mass den zirkulären Bereich zwischen Sklerasporn und Iriswurzel vor und nach dem Tropfen von Pilocarpin. Seine Versuchsreihe umfasst 50 jugendliche Augen, an denen er eine Verschmälerung des Ciliarkörperbandes um 30μ fand. Das Ergebnis ist statistisch stark gesichert. - Rohen halbierte sagittal unmittelbar nach der Enukleation gesunde menschliche Augen und legte die eine Hälfte in Atropin, die andere in Pilocarpin. Anschliessend fixierte er die Hälften und wertete die einzelnen Muskelabschnitte planimetrisch aus. Die Vergrösserung der Zirkulärfasern der Müllerschen Muskelportion beim kontrahierten Muskel lag im Vergleich zur nicht kontrahierten anderen Bulbushälfte zwischen 34 - 49 %, die Zunahme der Zirkulärfasern in der radiären Portion betrug 1,3 %, und ihre Zunahme im meridionalen Teil lag bei 2,84 %.

Umgerechnet auf den Gesamtmuskel fand Rohem nach Pilocarpin eine Grössenzunahme der Zirkulärfasern von 8,4 - 35,4 %, also bis zu einem Drittel

V. Eigene Untersuchungen.

Für den Kliniker ist von besonderem Interesse, diesen physiologisch - anatomisch nachgewiesenen Akkommodationskrampf durch Pilocarpin in seiner Wirkung auf den Strahlengang im Auge hin zu untersuchen. Der Akkommodationskrampf führt zu einer Myopisierung des Auges, die mit Hilfe der Visusprüfung genau zu bestimmen ist. Die Sehschärfe stellt ein Mass für das Auflösungsvermögen des Auges dar, und zwar für die simultane Raumschwelle. Sie wird als der kleinste Einfallswinkel bestimmt, unter dem zwei Marken gerade noch getrennt wahrgenommen werden können. Der reziproke Wert dieses Einfallswinkels in Bogenminuten wird als Visus bezeichnet. Das Auflösungsvermögen beträgt normalerweise eine Bogenminute. Der reziproke Wert, der Visus, von einer Bogenminute wird gleich 100 % gesetzt.

Bei unseren Versuchen bestimmten wir die physikalische Akkommodation nach Pilocarpin, die von der maximalen Krümmung der Linse abhängt. Darüber hinaus kann sich der Ciliarkörper weiter kontrahieren; man spricht dann von physiologischer Akkommodation.

In der augenärztlichen Praxis wird die physikalische Akkommodation und die Refraktion in Dioptrien angegeben. Die Dioptrie ist das Mass für die Brechkraft des Auges, die um so grösser ist, je stärker das Licht gebrochen wird. Die auf Luft reduzierte Brechkraft unseres Auges beträgt 58 Dioptrien, von denen auf die Linse 16 Dioptrien entfallen. Zu dieser Dioptrienzahl kommt noch die physikalische Akkommodation der Linse, die hier durch

Milocarpin schon beim Blick in die Ferne hervorgerufen wird.

Durch die Verminderung der Elastizität der Linse nimmt die Akkommodationsbreite mit steigendem Alter ab. (Abb.2)

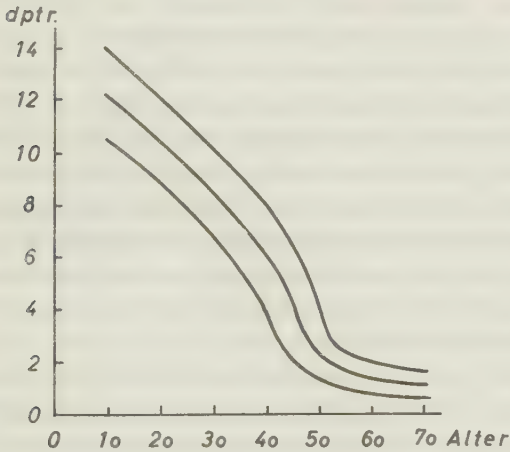


Abb.2 Abnahme der Akkommodation mit zunehmendem Alter.

Mittlere Kurve : Durchschnitt

Obere und untere Kurve : Abweichungen, die noch im Bereich der Norm liegen.

(Graff,Th. : Mbl. Augenheilkunde 121,205 (1952))

In der Jugend beträgt die Akkommodationsbreite im Durchschnitt 12 dptr.. Sie liegt im Alter von fünfundvierzig Jahren noch bei 4 dptr., um dann verhältnismässig rasch auf nur 2 dptr. weiter abzusinken.

Ist der Bulbus im Verhältnis zu seiner Brechkraft, wie es bei Myopen meist der Fall ist, zu lang gebaut, so

liegt bei normaler Brechkraft die hintere Brennebene nicht mehr in der Netzhaut, sondern vor ihr, und die Netzhaut wird durch Zerstreuungskreise getroffen. Der Kurzsichtige bekommt nur beim Blick in die Nähe ein scharfes Bild, ohne wie der Emmetrope akkommodieren zu müssen. Durch die mangelnde Übung ist die Akkommodationsbreite der Myopen meist vermindert. Man könnte in Analogie beim Hyperopen, bei dem der Bulbus zu kurz gebaut ist und der daher schon in die Ferne akkommodieren muss, eine dem Bedarf angepasste, grössere Akkommodationsbreite erwarten. Das kann aber nicht der Fall sein, da die Linse in ihrer anatomischen Struktur nicht verändert wird. Nach dem sechzigsten Lebensjahr ist die Linse praktisch unelastisch. Es kann daher keine wesentliche Akkommodationsmyopie mehr auftreten.

a. Patientenauswahl.

Um nur Personen zu untersuchen, bei denen noch eine Akkommodation möglich ist, wählten wir aus der Marburger ophthalmologischen Poliklinik Patienten bis zum Alter von neunundfünfzig Jahren aus. Die jüngsten der hundert Untersuchten waren acht Jahre alt. Die Patienten unterteilten wir in drei Altersgruppen. Wir legten dabei die anatomischen Erkenntnisse über die Veränderungen der Ciliarmuskulatur während des Lebens vom Stieve zugrunde. Er unterschied eine Gruppe bis zum Alter von zwanzig Jahren mit einer vorwiegend progressiven Differenzierung des Muskels, eine zweite Altersgruppe von einundzwanzig bis fünfunddreissig Jahren vor der ersten Umgestaltung, eine dritte Gruppe von fünfunddreissig bis etwa sechzig Jahren, bei der die ersten Umgestaltungen eintreten, und eine letzte Gruppe der senilen Involution. Die unterschiedliche Refraktion der Patienten

ten erforderte eine weitere Differenzierung. Beide Augen der Versuchspersonen waren normal oder wiesen geringgradige Refraktionsanomalien bis plus und minus 2,5 dptr. auf. Organische Schäden der Augen wurden ophthalmoskopisch und Spaltlampenmikroskopisch ausgeschlossen.

b. Versuchsanordnung.

In den durch Abziehen des Unterlides gespreizten Bindehautsack jedes Auges tropften wir je zwei Tropfen 2 %iges Pilocarpin. Die Patienten wurden aufgefordert, die Augen aufzuhalten und nicht zu zwinkern, um das Wegspülen des Pilocarpins durch die Tränenflüssigkeit zu vermeiden. Erst nach zwei Minuten, nachdem mit sicherem Eindringen des Medikamentes zu rechnen war, wurde das Unterlid losgelassen, die Patienten aber noch angewiesen, den Kopf in den Nacken zu legen und die Augen geöffnet zu halten. Vor dem Tropfen war der Visus und die Refraktion beider Augen genau mit Zahlenreihen bestimmt worden. Wir benutzten für die Visusbestimmung den Sehzeichen-Projektor "Idemvisus", der Zahlenreihen verschiedener Grösse zu projizieren gestattet. Die Sehzeichen waren abgestuft in 0,05 ; 0,1 ; 0,15 ; 0,2 ; 0,25 ; 0,33 ; 0,4 ; 0,5 ; 0,67 ; 1,0 ; 1,25 . Die zu testende Person sass genau neben dem Gerät. Der Abstand des Projektors von der Wand betrug 4 m. Die Sehschärfe wurde für jedes Auge getrennt bestimmt. Wir verkleinerten die Sehzeichen stufenweise, bis die Versuchsperson die Zahlen nicht mehr richtig erkannte. Die Sehzeichengrösse, die gerade noch fehlerlos gelesen wurde, entsprach dem Rohvisus. Bei einem Visus von 1,0 vernebelten wir vom + 1,0 dptr. ab, um eine Hyperopie auszuschliessen. Alle gefundenen Refraktionsanomalien glichen wir mit

Gläsern aus und erreichten so volles Sehvermögen. 30 Minuten nach Eintropfen der Lösung, nachdem das Medikament seine volle Wirkung entfaltet hatte, wurde unter den gleichen Bedingungen die zweite Visus- und Refraktionsmessung notiert. Eine dritte und vierte Bestimmung wiederholten wir nach 60 und 90 Minuten.

Da die sichere Wirkung des Parasympathomimetikums an der eintretenden Miosis zu erkennen ist, registrierten wir sie zur Kontrolle mit. Wir schrieben die Pupillenweite unmittelbar vor dem Tropfen und 30 Minuten danach auf, nachdem bereits die stärkste Miosis eingetreten war. Die Pupille verengerte sich in allen Fällen von verschiedenen Ausgangswerten auf 1,2 bis 1,8 mm, so dass man mit einem sicheren Wirken der Pilocarpinlösung rechnen konnte. Trotzdem wurden zur Kontrolle einige Versuche unter den gleichen Bedingungen wiederholt, um sicher zu gehen, dass nicht doch Pilocarpin beim Tropfen verloren gegangen war. Die zweiten Messungen stimmten mit den ersten bis auf für das Gesamtergebnis ausserordentlich geringe Differenzen überein. - Um eine Über- oder Unterkorrektur zu vermeiden, wurde die Dioptrienzahl von Messung zu Messung nur um - 0,25 bis - 0,5 dptr. erhöht.

c. Ergebnisse und Diskussion.

1) Zeitabhängigkeit.

Zuerst untersuchten wir das Ausmass der Akkommodationsmyopie nach Pilocarpin an 200 Augen.

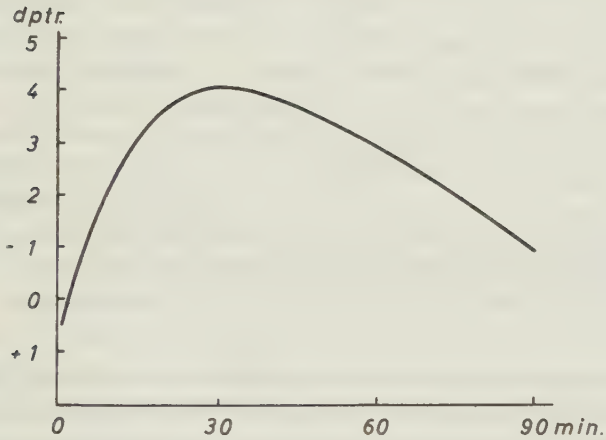


Abb.3 Mittelwerte und Akkommodationsmyopien
von 200 Augen nach Pilocarpinmedikation.
Abszisse : Zeit in Minuten
Ordinate : Akkommodation in Dioptrien

Beobachtungszeit	0	30	60	90
Mittelwert $\pm$	+ 0,5	- 4,15	- 3,0	- 1,0
mittlerer Fehler	$\pm$ 0,05	$\pm$ 0,14	$\pm$ 0,17	$\pm$ 0,09
relative Streuung	150,6	44	79	141,1

Tabl.1 Mittelwerte, mittlere Fehler und relative Streuung in Prozent von 200 Augen nach Pilocarpinmedikation nach 0 ; 30 ; 60 ; 90 Minuten.

Wie aus der graphischen Darstellung (Abb.3) und den Mittelwerten der Tabelle 1 hervorgeht, tritt 30 Minuten nach Eintropfen von Pilocarpin schon ein maximaler Akkommodationskrampf von - 4,15 dptr. ein. Der schnelle Wirkungseintritt bestätigt die bekannte schnelle Resorption und gute Haftung des Medikamentes. Auch die Miosis ist nach 30 Minuten vollständig. Während aber die Miosis über mehrere Stunden in gleicher Stärke bestehen bleibt, verliert Pilocarpin seine Wirkung auf den Akkommodations-

Die Ergebnisse wurden nach folgenden Formeln berechnet :

$$\frac{\sigma}{M} \cdot 100 = \text{relative Streuung in Prozent}$$

$$M = \text{Mittelwert}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum a^2}{v} - \left(\frac{\sum a}{v}\right)^2}$$

$$\sum a = \text{Summe der Abweichungen der Einzelmessungen vom Mittelwert}$$

$$v = \text{Anzahl der Messungen}$$

$$\frac{\sigma}{\sqrt{v}} = \sigma_M \quad \text{mittlerer Fehler}$$

muskel schneller. Schon nach 60 Minuten ist ein deutlicher Abfall um 1,15 dptr. zu verzeichnen. Nach weiteren 30 Minuten entspannt sich die Akkommodation noch einmal um 2 dptr. und nähert sich damit schon wieder dem Ausgangswert. Aus den Werten geht hervor, dass die Wirkung vom Pilocarpin auf den Ciliarmuskel schnell und ausgeprägt, aber nicht von grosser Dauer ist. Auf Grund unserer Untersuchungen können wir nicht Fanta beistimmen, der ein sicheres Eintreten eines Akkommodationskrampfes nach Tropfen von 2 %igem Pilocarpin ablehnt. Er hatte zu seinen Versuchen Patienten jeden Alters herangezogen und bei der Auswertung seiner Ergebnisse nicht weiter berücksichtigt, dass die geringe oder gar fehlende Akkommodationsmyopie im Alter nicht auf die mangelnde Wirkung des Medikamentes auf den Ciliarmuskel, sondern auf die Ciliarmuskelatrophie zurückzuführen ist. - Anders sind die Ergebnisse von Falkowska, der junge Personen testete. Falkowska, der 72 Patienten im Alter von 8 - 32 Jahren untersuchte, erhielt schon nach 30 Minuten einen maximalen Akkommodationskrampf, der eine halbe bis zwei Stunden anhielt. Wie die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, ist im allgemeinen mit einer zweistündigen und keiner kürzeren Wirkung zu rechnen.

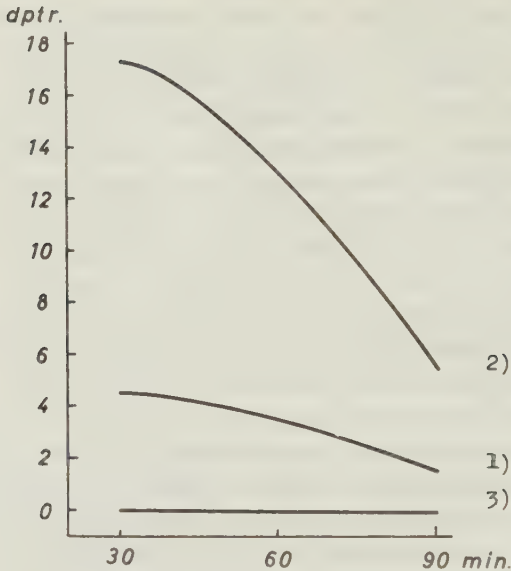


Abb.4 1) Mittelwerte der akkommodierten Dioptrien.
2) maximal akkommodierten Dioptrien
3) minimal akkommodierten Dioptrien

Abszisse : Zeit in Minuten

Ordinate : Akkommodation in Dioptrien

Keiner der Autoren gibt eine genaue statistische Auswertung der Akkommodationsmyopien nach Pilocarpinmedikation. Fanta schreibt, dass im allgemeinen der Akkommodationskrampf, falls er überhaupt nachweisbar war, mit 3 - 4 dptr. auszukorrigieren war. Die Dioptrienspanne, die Falkowska mit 4 - 12 dptr. und Unger mit 5 - 7 dptr. angeben, gelten nur für junge Personen. Andererseits gibt Falkowska einen maximalen Akkommodationskrampf vom

16 dptr. und Unger von 14 dptr. nach Pilocarpinmedika-
tion an. Die maximale Akkommodation nach Pilocarpin
betrug bei den Patienten unserer Arbeit 17,25 dptr.
(Abb.4) Sie lag somit ausserhalb der unter physiolo-
gischen Bedingungen möglichen maximalen Akkommodation
von 14 dptr. .

2) Altersabhängigkeit.

Unser Patientengut unterteilten wir in drei Alters-
gruppen.

Gesamtzahl 200	Altersgruppen		
	I. 8-20	II. 21-35	III. 36-59
	56	66	78

Tabl.2 Aufteilung der 200 untersuchten Augen auf
die drei Altersgruppen.

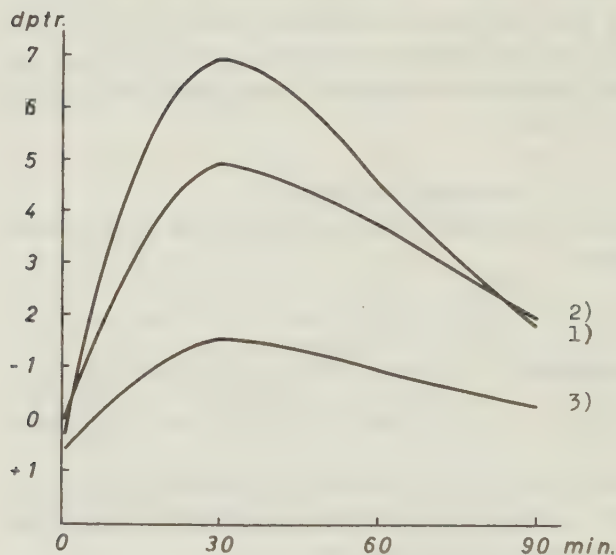


Abb. 5 Mittelwerte der Akkommodationsmyopien nach Pilocarpinmedikation.

- 1) der 56 Augen der I. Altersgruppe
- 2) der 66 Augen der II. Altersgruppe
- 3) der 78 Augen der III. Altersgruppe

Abszisse : Zeit in Minuten

Ordinate : Akkommodation in Dioptrien

Wie die Mittelwertskurven ergeben (Abb. 5), akkommodierten die jungen Patienten bei der ersten Messung 5,5 dptr. mehr als die ältesten getesteten Personen. Die Akkommodationskurve der mittleren Altersgruppe verläuft zwischen den Kurven der anderen Patientengruppen. Die Werte liegen bei der Messung nach 30 Minuten am weitesten auseinander, um sich nach 60 und 90 Minuten, nach Abklingen des Muskelkrampfes, wieder zu nähern.

Beobach- tungszeit	0 min.	30 min.	60 min.	90 min.
Alters= gruppen	+0,3 dptr.	-7,0 dptr.	-4,5 dptr.	-1,8 dptr.
8-20	$\pm 0,11$	$\pm 0,36$	$\pm 0,26$	$\pm 0,17$
21-35	0,00 dptr. $\pm 0,10$	-5,04 dptr. $\pm 0,22$	-3,71 dptr. $\pm 0,16$	-1,92 dptr. $\pm 0,18$
36-59	+0,62 dptr. $\pm 0,95$	-1,55 dptr. $\pm 0,17$	-0,96 dptr. $\pm 0,17$	-0,25 dptr. $\pm 0,12$

Tabl.3 Mittelwerte $\pm$ mittlerer Fehler der 56 Augen der I.Altersgruppe, der 66 Augen der II.Altersgruppe und der 78 Augen der III.Altersgruppe nach Pilocarpinmedikation nach 0 , 30 , 60 , 90 Minuten.

Die durchschnittliche Myopie der I.Altersgruppe von -7,3 dptr. nach 30 Minuten liegt hoch. Man kann bei einer solchen Refraktionsänderung sich nur noch unter Vorsicht im Raum bewegen und ist bei der Arbeit ohne entsprechende Korrektur mit Gläsern stark behindert, wenn es sich nicht um ausgesprochene Naharbeit handelt. Werden jugendliche Glaucompatienten mit Pilocarpin behandelt, so ist demnach im allgemeinen mit erheblichen Sehstörungen zu rechnen. Einen Ausgleich der Refraktion mit Gläsern erschwert der schnelle Wechsel der Myopie. Mit dem Problem dieser starken Akkommodationsmyopie nach Pilocarpin bei Jugendlichen wird man sich jedoch nur selten in der augenärztlichen Praxis

auseinandersetzen müssen, da es sich bei dem Glaucom um eine vorwiegend nach dem 40. Lebensjahr auftretende Krankheit handelt.

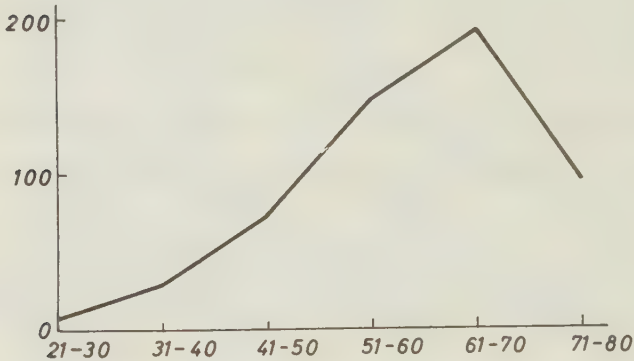


Abb.6 Absolute Verteilung von 517 Glaucomaugen von Männern und Frauen auf die einzelnen Lebensjahrs-dekade. (Hruby, Graefes Arch. Ophthal. 143, 187-206 (1941)).

Um das zwanzigste Lebensjahr fand Hruby nur eine Glaucomhäufigkeit von 1,6 %. Da Glaucome vor diesem Alter extrem selten sind, sind sie in der Tabelle nicht mit erfasst. Im Jugendalter handelt es sich, abgesehen von Sekundärglaucomen, fast ausschliesslich um das angeborene Glaucom, den Buphthalmus, bei dem die Pilocarpinbehandlung nicht so im Vordergrund steht.

Auch die Patienten der II. Altersgruppe, die vom 21. bis zum 35. Jahr reicht, zeigen noch eine durch Pilocarpin hervorgerufene, starke Akkommodation. In diesem Alter sind Glaucome bereits häufiger. Die Patienten der II. Altersgruppe reagieren nach 30 Minuten nicht so stark

wie die der I. Gruppe. Nach 60 Minuten besteht kein grosser Unterschied im Akkommodationsverhalten beider Gruppen. Nach 90 Minuten treffen sich die Kurven. Die alten Patienten zeigen nur noch einen geringen Myopisierungseffekt, die Kurve verläuft flach.

Beobach- tungszeit	0 min.	30 min.	60 min.	90 min.
Alters- gruppen 8-20	281,5	38,9	44,2	70,8
21-35	83,00	36,59	35,1	79,2
36-59	135,7	98,9	165,3	427,2

Tabl. 4 Relative Streuung der Mittelwerte in Prozent der 56 Augen der I. Altersgruppe, der 66 Augen der II. Altersgruppe und der 78 Augen der III. Altersgruppe nach Pilocarpinmedikation nach 0, 30, 60, 90 Minuten.

Die relative Streuung der einzelnen Altersgruppen ist unterschiedlich gross. Sie schwankt zwischen 35 und 427 Prozent. Es gibt also in jeder Altersgruppe Patienten, die auf Pilocarpin mit einem unterschiedlichen Akkommodationskrampf antworten. Als Beispiel sei ein

vierzigjähriger Mann genannt, der nach 30 Minuten noch 10 Dioptrien akkommodierte. Der Mittelwert aber liess nur eine maximale Akkommodation von $-5,04$ dptr. erwarten. Man muss bei der Betrachtung der relativen Streuung im Bereich sehr kleiner und kleiner mittlerer Dioptrienzahlen zudem bedenken, dass hier schon relativ geringe Schwankungen in Prozent ausgedrückt gross erscheinen. Daher findet sich ein gesetzmässiger stärkerer Anstieg der Streuungen zur Zeit von 0 und 90 Minuten und ein Minimum bei 30 Minuten, da hier die akkommodierten Dioptrienzahlen am grössten sind.

Altersgruppen	I - II	I - III	II - III
M_1	-7,00	-7,00	-5,04
M_2	-5,04	-1,55	-1,55
t	0,59	1,74	1,45
p	0,25	0,025	0,05

Tabl.5 Vergleich der Mittelwerte der Akkommodationsmyopie nach 30 Minuten zwischen den drei Altersgruppen nach Pilocarpinmedikation mit Hilfe des t-Testes.

Die Ergebnisse wurden nach folgenden Formeln berechnet :

$$t\text{-Test} \quad \frac{M_1 - M_2}{\sqrt{(\sigma_{M_1})^2 + (\sigma_{M_2})^2}} = t$$

M_1 und M_2 = verglichene Mittelwerte
 σ_{M_1} und σ_{M_2} = dazugehörige mittlere Fehler

Die Probabilität wurde aus der Tabelle der " Documenta Geigy, Wissenschaftliche Tabellen" entnommen.

Altersgruppen	I - II	I - III	II - III
M_1	-4,50	-4,50	-3,71
M_2	-3,71	-0,96	-0,96
t	0,33	1,39	1,34
p	0,35	0,1	0,1

Tabl.6 Vergleiche der Mittelwerte der Akkommodationsmyopie nach 60 Minuten zwischen den drei Altersgruppen nach Pilocarpinmedikation mit Hilfe des t-Testes.

Altersgruppen	I - II	I - III	II - III
M_1	-1,80	-1,80	-1,92
M_2	-1,92	-0,25	-0,25
t	0,06	0,93	0,89
p	0,475	0,15	0,15

Tabl.7 Vergleiche der Mittelwerte der Akkommodationsmyopie nach 90 Minuten zwischen den drei Altersgruppen nach Pilocarpinmedikation mit Hilfe des t-Testes.

Vergleicht man die Mittelwerte der verschiedenen Altersgruppen, so ergeben sich nach 30 Minuten, zur Zeit der stärksten Akkommodationsmyopie, signifikante Unterschiede zwischen den Werten der I. und III. und II. und III. Altersgruppe (Tabl. 5) Die fehlende Signifikanz zwischen der I. und II. Altersgruppe dürfte darauf zurückzuführen sein, dass sich bei der I. Gruppe mehr Hyperope als bei den anderen Gruppen fanden. Der Mittelwert der Ausgangsrefraktion der jungen Patienten liegt um +0,3 dptr. höher.

3) Refraktionsabhängigkeit

Refraktions= gruppe	Emmetrope	Myope	Hyperope
Gesamtzahl			
200	88	39	73

Tabl. 8 Aufteilung der 200 Augen auf die drei Refraktionsgruppen.

Die Refraktionsanomalien sind bei den untersuchten Patienten nicht ohne Einfluss auf das Ergebnis. Wie oben erwähnt, wurden Refraktionen über $\pm 2,5$ dptr. ausgeschlossen, um ein möglichst einheitliches Patientengut zu haben.

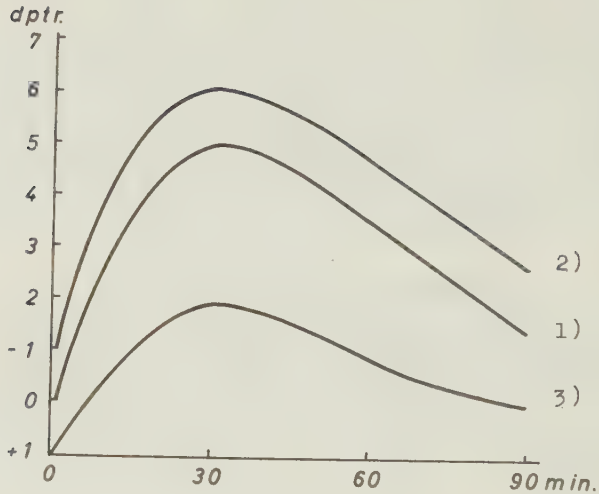


Abb.7 Mittelwerte der Akkommodationsmyopien.

1) der 88 emmetropen Augen nach Pilocarpinmedikation

2) der 39 myopen Augen nach Pilocarpinmedikation

3) der 73 hyperopen Augen nach Pilocarpinmedikation

Abszisse : Zeit in Minuten

Ordinate : Akkommodation in Dioptrien

Beobach= tungszeit	0 min.	30 min.	60 min.	90 min.
Refraktions= gruppe				
Emme= trope	0,00	-5,0 dptr. $\pm 0,22$	-3,5 dptr. $\pm 0,18$	-1,4 dptr. $\pm 0,15$
Myope	-1,1 dptr. $\pm 0,09$	-6,1 dptr. $\pm 0,31$	-4,7 dptr. $\pm 0,28$	-2,6 dptr. $\pm 0,27$
Hyper= ope	+0,94 dptr. $\pm 0,70$	-1,9 dptr. $\pm 0,27$	-0,88 dptr. $\pm 0,20$	+0,05 dptr. $\pm 0,17$

Tabl.9 Mittelwerte der Akkommodationsmyopien und ihr mittlerer Fehler der 88 emmetropen, der 39 myopen und der 73 hyperopen Augen nach Pilocarpinmedikation nach 0 , 30 , 60 , 90 Minuten.

Beobach= tungszeit	0 min.	30 min.	60 min.	90 min.
Refraktions= gruppe				
Emmetrope	0,0	42,24	49	101,8
Myope	51,34	32,32	38	64,6
Hyperope	63,9	124,7	196,1	298,6

Tabl.10 Relative Streuung der Mittelwerte in Prozent der Akkommodationsmyopien der 88 emmetropen, der 39 myopen und der 73 hyperopen Augen nach Pilocarpinmedikation nach 0 , 30 , 60 , 90 Minuten.

Die Kurven (Abb.7) und Tabelle 9 der Mittelwerte der Akkommodationsmyopien zeigen, dass die Myopen am stärksten auf Pilocarpin reagieren. Bei den Emmetropen ist die Wirkung deutlich schwächer, und bei den Hyperopen ist sie noch etwa halb so stark wie bei den Myopen.

Refraktions= gruppe	Emmetrope Myope	Emmetrope Hyperope	Hyperope Myope
M ₁	-5,0	-5,0	-1,9
M ₂	-6,1	-1,9	-6,1
t	0,38	1,00	1,37
p	0,35	0,10	0,05

Tabl.11 Vergleiche der Mittelwerte der Akkommodationsmyopien nach 30 Minuten der 88 emmetropen, der 39 myopen und der 73 hyperopen Augen nach Pilocarpin-medikation mit Hilfe des t-Testes.

Nach 30 Minuten, zur Zeit der stärksten Akkommodationsmyopie bestehen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Mittelwerten der emmetropen und myopen Patienten. (Tabl.11) Dieses Ergebnis lässt sich auch aus dem Diagramm (Abb.7) ablesen, wenn man die Akkommodationskurve der kurzsichtigen Patienten auf den gleichen Ausgangspunkt, 0 dptr., verschiebt, von dem die normalsichtigen Patienten ausgehen. Die Kurven decken sich bei diesem Versuch.

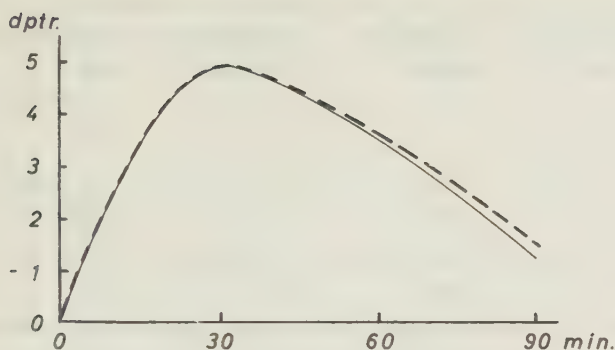


Abb.8 Mittelwerte der akkommodierten Dioptrien der 88 emmetropen (ausgezogene Linie) und der 39 myopen Augen (gestrichelte Linie) nach Pilocarpinmedikation.
Abszisse : Zeit in Minuten
Ordinate : Akkommodation in Dioptrien

Refraktions= gruppe	Emmetrope Myope	Emmetrope Hyperope	Hyperope Myope
M ₁	-3,5	-3,5	-4,7
M ₂	-4,7	-0,88	-0,88
t	0,48	1,07	1,53
p	0,3	0,1	0,05

Tabl.12 Vergleich der Mittelwerte der Akkommodations=
myopien nach 60 Minuten der 88 emmetropen, der 39
myopen und der 73 hyperopen Augen nach Pilocarpin=
medikation mit Hilfe des t-Testes.

Refraktions= gruppe	Emmetrope Myope	Emmetrope Hyperope	Hyperope Myope
M ₁	-1,4	-1,4	-2,6
M ₂	-2,6	+0,05	+0,05
t	0,54	0,70	1,17
p	0,25	0,20	0,10

Tabl.13 Vergleich der Mittelwerte der Akkommodationsmyopien nach 90 Minuten der 88 emmetropen, der 39 myopen und der 73 hyperopen Augen nach Pilocarpin-medikation mit Hilfe des t-Testes.

Die Refraktionsanomalien waren bei den verschiedenen Altersgruppen unterschiedlich verteilt.

Refraktions= gruppe	Emmetrope	Myope	Hyperope
Gesamtzahl			
56	26	10	20

Tabl.14 Aufteilung der 56 untersuchten Augen der I. Altersklasse auf die drei Refraktionsgruppen.

Aus der Tabelle 14 über das Patientengut der I. Altersklasse ist zu ersehen, dass unter den 28 Patienten nur 5 Myope waren, von denen 3 Versuchspersonen nur Myopien bis -0,5 dptr. aufwiesen. Diese Tatsache erschwert

die vergleichende Auswertung der Versuchsergebnisse bei den myopen Patienten.

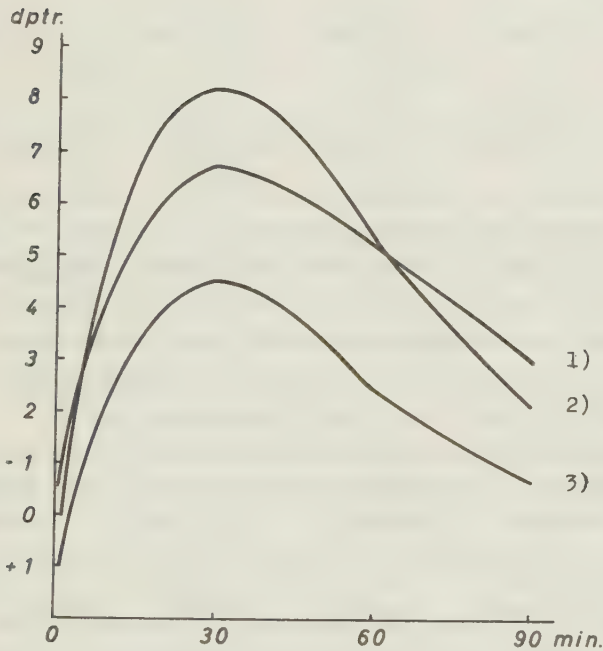


Abb.9 Mittelwerte der Akkommodationsmyopien.

- 1) der 26 emmetropen Augen der I. Altersgruppe nach Pilocarpinmedikation.
- 2) der 10 myopen Augen der I. Altersgruppe nach Pilocarpinmedikation.
- 3) der 20 hyperopen Augen der I. Altersgruppe nach Pilocarpinmedikation.

Abszisse : Zeit in Minuten

Ordinate : Akkommodation in Dioptrien

Beobach- tungszeit	0 min.	30 min.	60 min.	90 min.
Refraktions= gruppe				
Emme= trope	0,00 dptr.	-8,21 dptr.	-5,35 dptr.	-2,12 dptr.
		$\pm 0,44$	$\pm 0,35$	$\pm 0,20$
Myope	-0,62 dptr.	-6,7 dptr.	-5,2 dptr.	-3,0 dptr.
	$\pm 0,24$	$\pm 0,74$	$\pm 0,65$	$\pm 0,69$
Hyper= ope	+1,0 dptr.	-4,5 dptr.	-2,4 dptr.	-0,66 dptr.
	$\pm 0,07$	$\pm 0,65$	$\pm 0,45$	$\pm 0,17$

Tabl.15 Mittelwerte der Akkommodationsmyopien und ihr mittlerer Fehler der 26 emmetropen, der 10 myopen und der 20 hyperopen Augen der I. Altersgruppe nach Pilocarpinmedikation nach 0 , 30 , 60 , 90 Minuten.

Beobach- tungszeit	0 min.	30 min.	60 min.	90 min.
Refraktions= gruppe				
Emmetrope	0,0	27,8	33,5	48,7
Myope	124,7	35,3	39,6	73,6
Hyperope	34,04	64,7	83,9	119

Tabl.16 Relative Streuung der Mittelwerte in Prozent der Akkommodationsmyopien der 26 emmetropen, 10 myopen und 20 hyperopen Augen der I. Altersgruppe nach Pilocarpinmedikation nach 0,30,60,90 Minuten.

Refraktions= gruppe	Emmetrope Myope	Emmetrope Hyperope	Hyperope Myope
M ₁	-8,21	-8,21	-4,5
M ₂	-6,7	-4,5	-6,7
t	0,46	1,00	0,58
p	0,3	0,15	0,3

Tabl.17 Vergleich der Mittelwerte der Akkommodationsmyopien nach 30 Minuten der 26 emmetropen, der 10 myopen und der 20 hyperopen Augen der I. Altersgruppe nach Pilocarpinmedikation mit Hilfe des t-Testes.

Refraktions= gruppe	Emmetrope Myope	Emmetrope Hyperope	Hyperope Myope
M ₁	-5,35	-5,35	-2,40
M ₂	-5,20	-2,40	-5,20
t	0,05	1,09	0,97
p	0,475	0,1	0,15

Tabl.18 Vergleiche der Mittelwerte der Akkommodationsmyopien nach 60 Minuten der 26 emmetropen, der 10 myopen und der 20 hyperopen Augen der I. Altersgruppe nach Pilocarpinmedikation mit Hilfe des t-Testes.

Refraktions= gruppe	Emmetrope Myope	Emmetrope Hyperope	Myope Hyperope
M ₁	-2,12	-2,12	-3,0
M ₂	-3,0	-0,66	-0,66
t	0,11	1,12	0,99
p	0,45	0,1	0,15

Tabl.19 Vergleiche der Mittelwerte der Akkommodationsmyopien nach 90 Minuten der 26 emmetropen, der 10 myopen und der 20 hyperopen Augen der I. Altersgruppe nach Pilocarpinmedikation mit Hilfe des t-Testes.

Die Kurve (Abb.9) der mittleren Akkommodationsmyopien der Kurzsichtigen verläuft nach 30 Minuten unter der der Normalsichtigen, um nach 60 Minuten gleich hoch mit ihr zu liegen und nach 90 Minuten sogar über ihr zu verlaufen. In keinem der drei Fälle ergibt der Vergleich der Mittelwerte einen signifikanten Unterschied.

(Tabl. 17,18,19) Wenn man überhaupt eine Tendenz aus den Werten ablesen darf, so kann man vielleicht auf eine länger anhaltende Wirkung von Pilocarpin bei den kurzsichtigen Patienten schliessen. Deutlich zeigt sich wieder die Neigung der Weitsichtigen, in ihrer Akkommodationsmyopie hinter den emmetropen Patienten zurückzubleiben.

Refraktions= gruppe	Emmetrope	Myope	Hyperope
Gesamtzahl			
66	29	17	20

Tabl.20 Aufteilung der 66 untersuchten Augen der
II. Altersklasse auf die Refraktionsgruppen.

Auch in der zweiten Altersgruppe sind die kurzsichtigen Patienten in der Minderzahl ; dafür ist aber ihre Myopie ausgeprägter - wie der Ausgangsmittelwert von -1,63 dptr. ergibt. (Tabl.21)

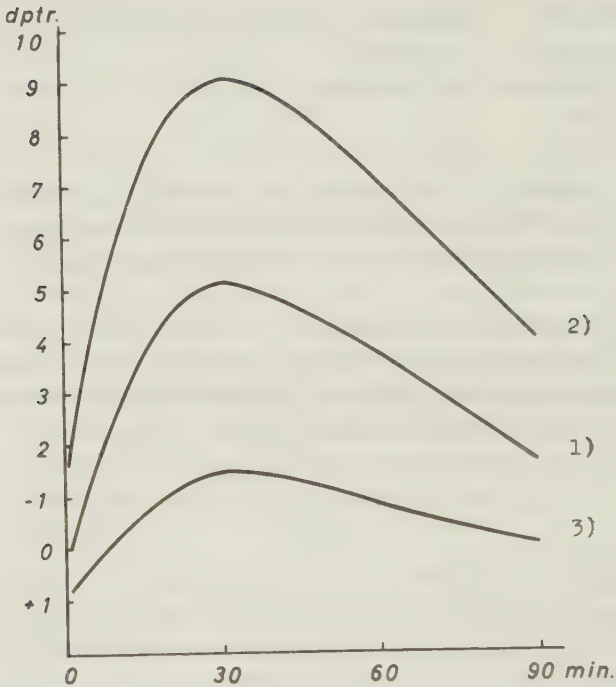


Abb.10 Mittelwerte der Akkommodationsmyopien

- 1) der 29 emmetropen Augen der II. Altersgruppe nach Pilocarpinmedikation,
- 2) der 17 myopen Augen der II. Altersgruppe nach Pilocarpinmedikation,
- 3) der 20 hyperopen Augen der II. Altersgruppe nach Pilocarpinmedikation.

Abszisse : Zeit in Minuten

Ordinate : Akkommodation in Dioptrien

Die drei Kurven liegen weit voneinander entfernt. Nicht nur nach 30 Minuten rücken ihre Werte auseinander, sie unterscheiden sich auch nach 60 und 90 Minuten deutlich. (Abb. 10)

Beobach- tungszeit	0 min.	30 min.	60 min.	90 min.
Refraktions= gruppe				
Emme= trope	0,00 dptr.	-5,2 dptr	-3,73 dptr.	-1,61 dptr.
		$\pm 0,25$	$\pm 0,28$	$\pm 0,16$
Myope	-1,63 dptr.	-9,1 dptr.	-6,92 dptr.	-3,95 dptr.
	$\pm 0,15$	$\pm 0,32$	$\pm 0,44$	$\pm 0,39$
Hyper= ope	+0,73 dptr.	-1,47 dptr.	-0,78 dptr.	-0,08 dptr.
	$\pm 0,05$	$\pm 0,14$	$\pm 0,08$	$\pm 0,04$

Tabl.21 Mittelwerte der Akkommodationsmyopien und ihr mittlerer Fehler der 29 emmetropen, der 17 myopen und der 20 hyperopen Augen der II. Altersgruppe nach Pilocarpinmedikation nach 0,30,60,90 Minuten.

Beobach- tungszeit	0 min.	30 min.	60 min.	90 min.
Refraktions= gruppe				
Emmetrope	0,0	26,4	41,5	54,6
Myope	37,8	14,8	27,9	41,5
Hyperope	33,6	44,2	4,9	278,5

Tabl.22 Relative Streuung der Mittelwerte in Prozent der Akkommodationsmyopien der 29 emmetropen, der 17 myopen und der 20 hyperopen Augen der II. Altersgruppe nach Pilocarpinmedikation nach 0,30,60,90 Minuten.

Refraktions= gruppe	Emmetrope Myope	Emmetrope Hyperope	Myope Hyperope
M ₁	-5,2	-5,2	-9,1
M ₂	-9,1	-1,47	-1,47
t	2,02	2,21	5,07
p	0,025	0,0125	0,0005

Tabl.23 Vergleich der Mittelwerte der Akkommodations=
myopien nach 30 Minuten der 29 emmetropen, der 17
myopen und der 20 hyperopen Augen der II. Alters=
gruppe nach Pilocarpinmedikation mit Hilfe des
t-Testes.

Refraktions= gruppe	Emmetrope Myope	Emmetrope Hyperope	Myope Hyperope
M ₁	-3,73	-3,73	-6,92
M ₂	-6,92	-0,78	-0,78
t	1,62	1,90	3,15
p	0,05	0,025	0,0005

Tabl.24 Vergleich der Mittelwerte der Akkommodations=
myopien nach 60 Minuten der 29 emmetropen, der 17
myopen und der 20 hyperopen Augen der II. Alters=
gruppe nach Pilocarpinmedikation mit Hilfe des
t-Testes.

Refraktions= gruppe	Emmetrope Myope	Emmetrope Hyperope	Myope Hyperope
M ₁	-1,61	-1,61	-3,95
M ₂	-3,95	-0,08	-0,08
t	1,56	1,7	2,34
p	0,05	0,05	0,0125

Tabl.25 Vergleich der Mittelwerte der Akkommodations=
myopien nach 90 Minuten der 29 emmetropen, der 17
myopen und der 20 hyperopen Augen der II. Alters=
gruppe nach Pilocarpinmedikation mit Hilfe des
t-Testes.

Der Vergleich der Mittelwerte der Refraktionsgruppen
der II. Altersgruppe (Tabl.23,24,25) bestätigt den aus
den Kurven (Abb.10) gewonnenen Eindruck. Die t-Teste
ergeben eine eindeutige Signifikanz nicht nur nach
30, sondern auch nach 60 und 90 Minuten. Die Ergebnisse
weisen darauf hin, dass nicht nur das Alter der Patien=
ten, sondern auch ihre Refraktion mitverantwortlich
für das Ausmass der durch Pilocarpin hervorgerufenen
Akkommodationsmyopie ist.

Refraktions= gruppe	Emmetrope	Myope	Hyperope
Gesamtzahl			
78	33	12	33

Tabl.26 Aufteilung der 78 untersuchten Augen der III.
Altersgruppe auf die Refraktionsgruppen.

In der III. Altersgruppe sind unter den Patienten im Verhältnis noch weniger Myope vorhanden als unter der I. Gruppe. Ihr Ausgangsmittelwert von $-0,66$ dptr. entspricht dem der jungen kurzsichtigen Patienten.

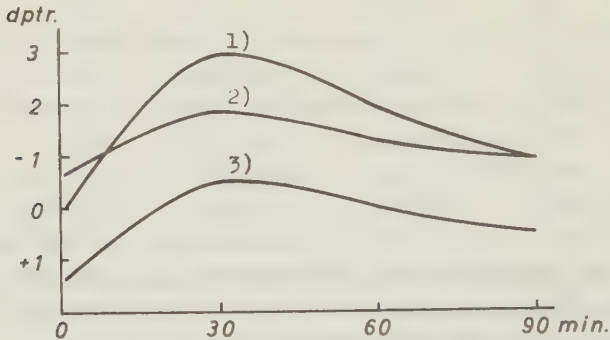


Abb. 11 Mittelwerte der Akkommodationsmyopien

- 1) der 33 emmetropen Augen der III. Altersgruppe nach Pilocarpinmedikation
- 2) der 12 myopen Augen der III. Altersgruppe nach Pilocarpinmedikation
- 3) der 33 hyperopen Augen der III. Altersgruppe nach Pilocarpinmedikation.

Abszisse : Zeit in Minuten

Ordinate : Akkommodation in Dioptrien

Beobach- tungszeit	0 min.	30 min.	60 min.	90 min.
Refraktions= gruppe				
Emme- trope	0,00 dptr. $\pm 0,13$	-2,96 dptr. $\pm 0,27$	-1,85 dptr. $\pm 0,23$	-0,88 dptr. $\pm 0,10$
Myope	-0,66 dptr. $\pm 0,13$	-1,58 dptr. $\pm 0,17$	-1,21 dptr. $\pm 0,21$	-0,87 dptr. $\pm 0,14$
Hyper- ope	+1,35 dptr. $\pm 0,13$	-0,55 dptr. $\pm 0,27$	+0,07 dptr. $\pm 0,17$	+0,51 dptr. $\pm 0,22$

Tabl.27 Mittelwerte der Akkommodationsmyopien und ihr mittlerer Fehler der 33 emmetropen, der 12 myopen und der 33 hyperopen Augen der III. Altersgruppe nach Pilocarpinmedikation nach 0,30,60, 90 Minuten.

Beobach- tungszeit	0 min.	30 min.	60 min.	90 min.
Refraktions= gruppe				
Emmetrope	0,0	52,5	78,7	68,2
Myope	67,7	39,3	61,4	57,3
Hyperope	59,3	287,8	1391,8	252,1

Tabl.28 Relative Streuung der Mittelwerte in Prozent der Akkommodationsmyopien der 33 emmetropen, der 12 myopen und der 33 hyperopen Augen der III. Altersgruppe nach Pilocarpinmedikation nach 0,30,60,90 Minuten.

Refraktions= gruppe	Emmetrope Myope	Emmetrope Hyperope	Myope Hyperope
M ₁	-2,96	-2,96	-1,58
M ₂	-1,58	-0,55	-0,55
t	0,82	1,48	0,60
p	0,20	0,05	0,25

Tabl.29 Vergleich der Mittelwerte der Akkommodations=
myopien nach 30 Minuten der 33 emmetropen, der 12
myopen und der 33 hyperopen Augen der III. Alters=
gruppe nach Pilocarpinmedikation mit Hilfe des
t-Testes.

Refraktions= gruppe	Emmetrope Myope	Emmetrope Hyperope	Myope Hyperope
M ₁	-1,85	-1,85	-1,21
M ₂	-1,21	+0,07	+0,07
t	0,41	1,15	1,04
p	0,30	0,1	0,15

Tabl.30 Vergleich der Mittelwerte der Akkommodations=
myopien nach 60 Minuten der 33 emmetropen, der 12
myopen und der 33 hyperopen Augen der III. Alters=
gruppe nach Pilocarpinmedikation mit Hilfe des
t-Testes.

Refraktions= gruppe	Emmetrope Myope	Emmetrope Hyperope	Myope Hyperope
M ₁	-0,88	-0,88	-0,87
M ₂	-0,87	+0,51	+0,51
t	0,01	0,97	1,00
p	0,495	0,15	0,1

Tabl.31 Vergleich der Mittelwerte der Akkommodations=
myopien nach 90 Minuten der 33 emmetropen, der 12
myopen und der 33 hyperopen Augen der III. Alters=
gruppe nach Pilocarpinmedikation mit Hilfe des
t-Testes.

Nach 30 Minuten unterscheiden sich die Mittelwerte der Emmetropen von denen der Hyperopen signifikant. (Tabl.29) Die Kurven der Myopen und Emmetropen (Abb.11) zeigen wieder den gleichen Verlauf wie bei der I. Altersgruppe (Abb.8) Die kurzsichtigen Patienten erreichen nicht den Gipfel der normalsichtigen nach 30 Minuten, nähern sich aber nach 60 und 90 Minuten deren Werten. Dem Alter der Patienten entsprechend, verlaufen alle Kurven im Bereich niedriger Dioptrienzahlen.

In der Literatur findet man gegensätzliche Angaben über die Reaktionsweise der kurzsichtigen und weitsichtigen Patienten nach Pilocarpinmedikation in Tropfenform. Fanta, der die Wirkung von Pilocarpin auf die Akkommodation schon grundsätzlich bezweifelt,

schreibt, dass Myope seltener und weniger auf Pilocarpin zu reagieren scheinen, eher dagegen die Hyperopen. Er begründet seine Befunde mit der einerseits mangelhaften und der andererseits gesteigerten Funktion und Ausbildung der Ciliarmuskulatur von beiden Refraktionsanomalien. Falkowska sieht im Gegensatz dazu die gegenüber den anderen Refraktionsgruppen gesteigerte Pilocarpinempfindlichkeit der Myopen als Ausdruck der Tonusschwäche ihres Ciliarmuskelsystems an. Er fand bei verminderter Tonuslage eine erhöhte Kontraktionsbereitschaft auf Pilocarpin. Die Auffassung Fantas einer verstärkten Reaktion der Hyperopen auf Pilocarpin können wir auf Grund unserer Ergebnisse nicht bestätigen. Es wurde hier bei den weit-sichtigen Patienten aller Altersgruppen eine deutlich verminderte Reaktion auf Pilocarpin im Vergleich zu den emmetropen Patienten gefunden. Fraglicher sind die Ergebnisse der myopen Versuchspersonen. Hier reagierte die I. und III. Altersgruppe anders als die II.. Aber schon oben wurde auf die kleine Zahl der kurzsichtigen Patienten und deren niedrige Refraktionsanomalien in diesen beiden Gruppen hingewiesen, wodurch die Auswahl nicht repräsentativ ist. Besser zu verwerten sind sicherlich die Ergebnisse der mittleren Altersklasse, da sie die gleichmässigste Verteilung der Refraktionsgruppen enthält. Sie würde für eine vermehrte Reaktion der myopen Patienten sprechen.

4) Refraktionsdifferenzen.

Alle Mittelwerte der 100 Patienten zeigen eine relativ grosse Streuung. Man kann dieses Problem nicht nur innerhalb der einzelnen Gruppen verfolgen, sondern kann ihm auch in der voneinander abweichenden Reaktion bei der Augen einer Versuchsperson nachgehen. Die unterschiedliche Akkommodationsmyopie der Augen, die sich bei vielen Patienten nach dem Tropfen von Pilocarpin einstellt, war auffällig. Es wurde daher die Frage verfolgt, ob sich die vor dem Versuch vielfach gefundenen Refraktionsdifferenzen zwischen beiden Augen eines Patienten nach Tropfen des Medikamentes vergrösserte.

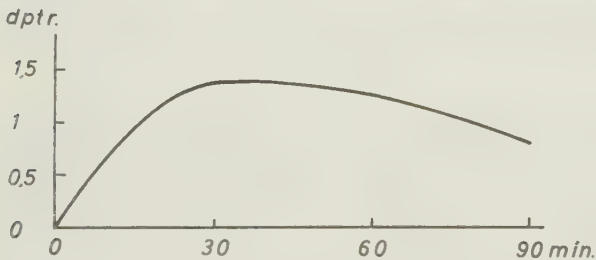


Abb.12 Mittelwerte der Differenzen zwischen beiden Augen der 100 Patienten bei 0,30,60 und 90 Minuten nach Pilocarpinmedikation.

Beobach- tungszeit	0 min.	30 min.	60 min.	90 min.
Mittelwert $\pm$	0,02 dptr.	1,36 dptr.	1,27 dptr.	0,83dptr.
mittlerer Fehler	0,00	0,13	0,11	0,07
relative Streuung	441,6	97,3	92,1	95

Tabl.32 Mittelwert, mittlerer Fehler und relative Streuung in Prozent der Differenzen in Dioptrien zwischen beiden Augen der 100 Patienten bei 0,30, 60,90 Minuten nach Pilocarpinmedikation.

Der Mittelwert von 0,02 dptr. bei 0 Minuten (Tabl.32) zeigt, dass zu Beginn der Untersuchung im allgemeinen zu vernachlässigende Unterschiede zwischen den 100 Augenpaaren bestanden. Nach 30 Minuten änderte sich das Bild, die durchschnittliche Differenz betrug 1,36 dptr.. Nach 60 Minuten blieb sie noch fast in gleicher Höhe bestehen und verringerte sich auch nicht nach 90 Minuten, dem Rückgang der Akkommodationsmyopie entsprechend. Wie unterschiedlich die Akkommodationskraft beider Augen durch Pilocarpin beeinflusst wird, sollen einige Beispiele demonstrieren.

1) 9 Jahre

0 min. $\sqrt{\begin{matrix} R 1,25 \\ L 1,25 \end{matrix}}$ 30 min. $\sqrt{\begin{matrix} R 0,15 - 7,0 \text{ sph.} & 0,67 \\ L 0,05 - 14,0 \text{ sph.} & 0,67 \end{matrix}}$

2) 12 Jahre

0 min. $\sqrt{\begin{matrix} R 1,0 \\ L 1,0 \end{matrix}}$ 30 min. $\sqrt{\begin{matrix} R 0,4 - 1,5 \text{ sph.} & 1,0 \\ L 0,1 - 10,0 \text{ sph.} & 1,0 \end{matrix}}$

3) 13 Jahre

0 min.	$\sqrt{R\ 1,0}$	30 min.	$\sqrt{R\ 0,15 - 4,0\ sph.}$	1,0
	$L\ 1,0$		$L\ 0,05 - 8,0\ sph.$	1,0

4) 21 Jahre

0 min.	$\sqrt{R\ 1,25}$	30 min.	$\sqrt{R\ 0,2 - 2,5\ sph.}$	1,25
	$L\ 1,25$		$L\ 0,05 - 9,0\ sph.$	1,25

5) 33 Jahre

0 min.	$\sqrt{R\ 1,25}$	30 min.	$\sqrt{R\ 0,33 - 1,75\ sph.}$	1,0
	$L\ 1,25$		$L\ 0,1 - 6,0\ sph.$	1,0

6) 56 Jahre

0 min.	$\sqrt{R\ 1,0}$	30 min.	$\sqrt{R\ 0,67 - 0,5\ sph.}$	1,0
	$L\ 1,0$		$L\ 0,33 - 2,0\ sph.$	1,0

Um methodisch bedingte Zufälligkeiten auszuschliessen, führten wir bei diesen Patienten einen zweiten Poliocarpintest durch. Die zweiten Messungen bestätigten die ersten Befunde. Die Suche nach einer befriedigenden Erklärung ist schwer. In dem bilateralen, anatomisch ungleichen Bau jedes Menschen könnte man eine Begründung finden. Die Lösung des Problems wäre durch diese Beobachtung in manchen Fällen ausreichend, wenn man dazu noch eine gewisse Ungenauigkeit der Messungen hinzurechnet. Trotzdem kann keiner der Gründe die Frage bei den genannten Beispielen vollständig beantworten. Eine weitere Ursache könnte sicher noch in einer unterschiedlichen Resorption und Haftung von Pilocarpin gesucht werden. Falkowska stellt fest, dass bei einseitig starker Pilocarpinreaktion an eine

örtliche Störung zu denken sei, die auf dem Reflexwege den gesamten Akkommodationsvorgang und andere Funktionen des Körpers beeinflusse. Aus diesem Grunde meint er, sei die Pilocarpinprobe bei der Prüfung der Akkommodation geeignet, Störungen innerhalb des Akkommodationsapparates aufzudecken.

5) Visusänderung

Im Laufe der Untersuchungen erregten immer wieder Patienten die Aufmerksamkeit, die nach dem Tropfen von Pilocarpin trotz grösster Anstrengungen und sorgfamer Korrektur ihrer Myopie nicht mehr ihre volle Sehschärfe erreichten. Viele der Untersuchten klagten, dass, wenn sie die Zahlen genau fixieren wollten, diese gerade unter der Anstrengung zu verschwimmen begännen. Einigen gelang es trotzdem, die kleinsten Zahlen zu lesen, nachdem sie für einen Augenblick die Augen schlossen und dann mit dem ersten flüchtigen Blick für einen Moment die Zeichen scharf sahen. Bei der genauen Durchsicht des Patientengutes ergab sich, dass die Sehschwäche nie bei den älteren Patienten auftrat. Bei ihnen fanden sich keine Schwierigkeiten, ihre Akkommodationsmyopien auszukorrigieren. Nach dem 38. Lebensjahr litt kein einziger Patient mehr unter einer nicht korrigierbaren Sehschwäche nach dem Tropfen. Wenn auch die älteren Patienten nicht mehr betroffen waren, war der Prozentsatz der Patienten mit Sehverschlechterungen mit 25 % der Gesamtzahl nach 30 Minuten noch hoch. Betrachtet man nur die beiden jüngeren Altersgruppen, so ergibt sich sogar ein Prozentsatz von 40. Die Visusschwäche war im allgemeinen jedoch nicht sehr ausgeprägt und andauernd. Es traten im Durchschnitt nicht auskorrigierbare Sehschwächen

von 32 % auf. Die Visuseinbusse konnte maximal bis zu 58 % erreichen, hielt aber in keinem Fall länger als 90 Minuten an. Bei diesen Patienten fand sich eine überdurchschnittlich hohe Akkommodationsmyopie. Sie lag bei 8,2 Dioptrien. Möglicherweise erklärt sich die Bildunschärfe aus feinen, schnellen Akkommodations-schwankungen, hervorgerufen durch den Krampf des Ciliarmuskels bei dem Bemühen der Versuchsperson, für die Fernprüfung zu entakkommodieren. Für diese Erklärung spricht auch die Tatsache, dass viele Patienten nach einer kurzen Entspannung der Augen durch Augenschluss die Zahlen für einen Augenblick scharf sahen und dass sie dann erst wieder nach längerer Fixation verschwammen. In der Literatur ist die Reaktion der Sehschwäche nach Pilocarpinmedikation beschrieben, doch wurde nur in einem Fall der Versuch einer Begründung gemacht. 1934 beschrieb van Heuven nach dem Tropfen Sehstörungen durch Kapillarspasmen in der Fovea centralis. Gegen die Theorie des Zentralskotoms spricht, dass der Parasympathicus im Auge eine Vasodilatation und keine Konstriktion bewirkt.

Nicht nur eine Sehverschlechterung nach Pilocarpinmedikation konnte man beobachten, sondern bei einigen Patienten trat der gegenteilige Effekt einer Rohvisusbesserung auf. Die Untersuchung ergab, dass alle diese Versuchspersonen hyperop waren. In der III. Altersgruppe wurde bei 25 % der Patienten eine Rohvisuszunahme von 43 % erreicht. Die medikamentöse, unnatürliche Reizung des Ciliarmuskels durch das Parasympathomimetikum kontrahiert den Muskel mit ungewöhnlicher Kraft. Auf die äusserste Entspannung der Zonulafasern reagiert die Linse mit einer ihr grösstmöglichen Abkuglung. Auf diese Weise rückt bei diesen alten Patienten das hinter der Retina entworfenene Bild vorübergehend

weiter nach vorn. Ripps weist zudem auf die Möglichkeit hin, dass durch die Pupillenverengung nach Pilocarpin es zu einer besseren Tiefenschärfe kommt, da die Randstrahlen abgeblendet werden. Durch Tierversuche bewies er, dass eine auf 1 mm oder darunter verengerte Pupille erlaubt, akkommodative Kraft einzusparen.

6) Nebenwirkungen.

Bei den meisten Patienten traten neben der Reaktion der Augen Allgemeinsymptome auf. Sie entwickelten sich mit derselben Schnelligkeit, mit der der Akkommodationskrampf einsetzte, hielten ungefähr die gleiche Zeit an und schwächten sich parallel zu der Myopie ab. Je stärker die Kurzsichtigkeit war, um so ausgeprägter schienen die Nebenwirkungen zu sein. Besonders bei jungen Patienten traten sie auf. Sie klagten über Kopfschmerzen, leichtes Benommensein und Übelkeit. In drei Fällen waren die Reaktionen nach 30 Minuten so heftig, dass die Versuche abgebrochen werden mussten. Bei einem 9 jährigen Jungen kam es zu heftigem Übelsein und Würgen. Das Kind schwitzte und fühlte sich ausserordentlich elend. Es klagte zudem über Schwindel und Benommenheit. Sein Visus hatte sich von 1,25 auf knapp 0,67 mit Korrektur verschlechtert. Die Akkommodationsmyopie stieg beiderseits bis zu 14 dptr.. Ein anderer 10 jähriger Junge, dessen Sehverschlechterung nach Pilocarpin auch mit -20 dptr. nicht völlig aufzuheben war, wurde unruhig und gespannt. Er konnte sich nicht mehr konzentrieren und fühlte sich allgemein schlecht. Der dritte Patient mit auffälligen Allgemeinsymptomen war ein 18 jähriges Mädchen. Seine Akkommodationsmyopie betrug -9,0 und -7,0 dptr.. Die älteren Patienten waren gegen die allgemeinen para-

sympathischen Nebenwirkungen indolenter, sie klagten höchstens über einen leichten Kopfschmerz.

VI. Zusammenfassung.

Pilocarpin ist ein direktes Parasympathomimetikum. Seine Strukturformel zeigt Ähnlichkeit mit der von Acetylcholin und enthält dieselben beiden reaktiven Gruppen. Die Resorption des Medikamentes ist gut und seine Haftfestigkeit sehr gross. Die Wirkung von Pilocarpin hält länger als die von Acetylcholin an. Das Parasympathomimetikum kontrahiert den Ciliarmuskel. Über die Entspannung der Zonulafasern und die Abrundung der Linse kommt es zur Akkommodationsmyopie. Es wurden an 100 Versuchspersonen die Höhe und Dauer der Myopie untersucht. Zu diesem Zweck wurden je 2 Tropfen 2 %iges Pilocarpin in beide Augen der Patienten gegeben.

Ergebnisse :

1. Nach 30 Minuten trat ein maximaler Akkommodationskrampf ein. Der Mittelwert der 100 Patienten betrug $-4,15$ dptr.. Die Myopie nahm danach wieder ab und erreichte nach 90 Minuten zur Zeit der letzten Messung noch $-1,0$ dptr..
2. Die Patienten wurden, entsprechend der anatomischen Altersveränderungen in der Ciliarmuskulatur, in drei Gruppen eingeteilt : 8 - 20 , 21 - 35 und 36 - 59 jährige. Die Höhe der Akkommodationsmyopie verringerte sich mit zunehmendem Alter. Die I. Altersgruppe akkommodierte nach 30 Minuten im Mittel $-7,0$ dptr. , die II. Gruppe $-5,0$ dptr. und die III. Gruppe $-1,55$ dptr.. Die Abnahme der Reaktionsbereitschaft auf Pilocarpin mit zunehmendem Alter ist durch die Altersveränderung

der Ciliarmuskulatur und der Linse bedingt.

3. Bei Hyperopen ist die Empfindlichkeit gegen Pilocarpin vermindert. Die myope Ciliarmuskulatur verstärkt die Akkommodationsmyopie. Allerdings war die erhöhte Reaktionsbereitschaft der kurzsichtigen Patienten nur bei der II. Altersgruppe deutlich erkennbar. Die kleine Zahl der Myopen und deren gering ausgeprägte Refraktionsanomalie verschleierte möglicherweise ein deutliches Ergebnis bei der I. und III. Altersgruppe. Es wäre zu diskutieren, ob der Ciliarmuskeltonus für diese Beobachtung die Ursache ist.

4. Die beiden Augen der einzelnen Patienten können mit einer unterschiedlichen Akkommodationsmyopie reagieren. Die ursprünglich nur 0,02 dptr. betragende mittlere Refraktionsdifferenz der 100 Augenpaare vergrösserte sich nach 30 Minuten auf 1,36 dptr. .

5. Bei den jüngeren Patienten mit hoher Akkommodationsmyopie trat eine nicht auskorrigierbare, mittlere Visusverschlechterung von 32 % ein. Sie wurde auf einen Tremor des Ciliarmuskels zurückgeführt. Im Gegensatz dazu stand die Rohvisusbesserung der hyperopen Patienten von insgesamt 25 %, der III. Altersgruppe um durchschnittlich 43 %. Die medikamentöse Akkommodation ersetzte die den älteren Patienten nicht mehr mögliche physiologische Korrektur der Hyperopie.

6. Ausser der Akkommodationsmyopie traten als Nebenwirkungen in Einzelfällen nach Pilocarpinmedikation Kopfschmerzen, Nausea, Benommenheit und Unruhe auf. Diese Symptome zeigten in ihrer Ausprägung eine Abhängigkeit von der Stärke der Akkommodationsmyopie und nahmen daher mit dem Alter ab.

VII. L i t e r a t u r v e r z e i c h n i s

Anderson, H.K. :

"Pilocarpin." J.Physio. 33, 414 - 438 (1905)

Benninghoff -- Goerttler :

"Lehrbuch der Anatomie des Menschen." Bd.III.

München u.Berlin, 6.Auflage (1960)

Falkowska, Zofia :

"pilocarpine test in the examination of accommodation disturbances." Klin. oczna 22, 271 - 282 mit engl.

Zus.fass. (1952) Polnisch

Fanta, H. :

"Die Wirkungsweise des Pilocarpins bei normalen Augen."

Ophthalmologica 115, 338 - 353 (1948)

Fuchs, E. :

"Über den Ciliarmuskel." Graefes Arch. Ophthal. 120,

733 - 741 (1928)

Goodman, L. ; Gilman, A. :

"The pharmacological Basis of Therapeutics." New York,
Second Edition (1960)

Hockwin, O. ; Müller, H.K. ; Bläser, U. :

"Nachweis von Pilocarpin im Kammerwasser vom Kaninchen-
augen mit Hilfe der Polarographie." Graefes Arch.

Ophthal. 167 , 459 - 466 (1964)

Hruby, K. :

"Über Glaucomhäufigkeit und Glaucombereitschaft."

Graefes Arch. Ophthal. 143, 187 - 206 (1941)

Hruby, K. :

"Die Wirkungsweise von Eserin und Pilocarpin."
Graefes Arch. Ophthal. 141, 517 - 537 (1940)

Jaeger, W. ; Winker, H.-J. :

"Untersuchungen über Adsorption und Haftfestigkeit
der Mydriatica und Miotica im Modellversuch."
Graefes Arch. Ophthal. 156, 404 - 414 (1955)

Lewin, L. ; Guillery, H. :

"Die Wirkung von Arzneimitteln und Giften auf das
Auge." Bd. I, Berlin, 2. Auflage (1913)

Meesmann, A. :

"Experimentelle Untersuchungen über die antagonistische
Innervation der Ciliarmuskulatur." Graefes Arch.
Ophthal. 152, 335 - 356 (1952)

Möller, Knud, O. :

"Pharmakologie als theoretische Grundlage einer
rationalen Pharmakotherapie." Basel / Stuttgart,
4. Auflage (1961)

Monjé, M. :

"Über pharmakodynamische und klinische Untersuchungen
der Akkommodation." Graefes Arch. Ophthal. 152,
357 - 378 (1952)

Rein, H. ; Schneider, M. :

"Einführung in die Physiologie des Menschen."
Berlin - Göttingen - Heidelberg, 13. u. 14. Auflage
(1960)

Ripps, H. :

"Miotics in the treatment of accommodative strabismus."
Trans. ophth. Soc. U. K. 83, 199 - 210 (1964)

Rohen, J.W. :

"Haut und Sinnesorgane." 4. Teil "Das Auge und seine Hilfsorgane." Berlin, Göttingen, Heidelberg, New York, 3. Auflage (1964)

Rohen, J.W. :

"Über den konstruktiven Bau von Iris und Ciliarmuskel." Ber. 56 Zusammenk. der Dtsch. Ophthal. Ges. München, (1950), 637 - 638

Rohen, J.W. :

"Der räumliche Aufbau des Ciliarkörpers und seine Bedeutung für die Akkommodation." Verh. Anat. Ges. 42. Verslg. Heidelberg (1951c)

Rohen, J.W. :

"Der Ciliarkörper als funktionelles System." Morph. Jb. 92, 415 - 440 (1952a)

Rohen, J.W. :

"Über den Ansatz der Ciliarmuskulatur im Bereich des Kammerwinkels." Ophthalmologica 131, 51 - 60 (1956a)

Siebeck, R. :

"Akkommodationsimpulse und Akkommodationserfolg unter medikamentösem Einfluss." Graefes Arch. Ophthal. 153, 438 - 450 (1953)

Stieve, R. :

"Über den Bau des menschlichen Ciliarmuskels, seine physiologischen Veränderungen während des Lebens und seine Bedeutung für die Akkommodation." Z. mikrosk.-anat. Forsch. 55, 3 - 88 (1949)

Teulières, M. ; Beauvieux, J. :

"Etude histologique de l'oeil humain normal soumis à l'action de l'atropine et de la pilocarpine."

Bull. Soc. franc. Ophthalm. 47, 163 - 175 (1934)

Thiel, R. :

"Die medikamentöse Therapie des primären Glaucoms."

Klin. Mbl. Augenheilkunde 125, 513 - 530 (1954)

Unger, H. -H. :

"Akkommodative Veränderungen des Ciliarkörperbandes."

Klin. Mbl. Augenheilkunde 131, 385 - 395 (1957)

Wolters, J., R. :

"Die Innervation des menschlichen Ciliarmuskels."

Ber. 58. Zusammenk. der Dtsch. Ophthal. Ges. Heidelberg (1953a), 327 - 330

An dieser Stelle danke ich Herrn Dozent Dr. Aust
für die Überlassung des Themas und seine freund-
liche Beratung und Hilfe.

L e b e n s l a u f .

Ich wurde am 22.4.1943 als Tochter des Oberstudiendirektors Dr.phil. Wilhelm Morlang und seiner Ehefrau Dr.phil. Margareta Morlang, geb. Hamecher, in Kassel geboren. Von 1949 bis 1953 besuchte ich die Volksschule und von 1953 bis 1962 die Jacob-Grimm-Schule in Kassel, wo ich am 26. Februar 1962 die Reifeprüfung bestand. Mit dem Sommersemester 1962 begann ich an der Philipps-Universität Marburg/Lahn mein Medizinstudium. Nach dem Sommersemester 1964 legte ich an der Philipps-Universität die ärztliche Vorprüfung ab. Im Januar 1968 schloss ich mein Studium in Marburg mit der ärztlichen Prüfung ab.

Meine akademischen Lehrer waren die Herren Professoren und Dozenten :

in Marburg :

Aust, Bechtelsheimer, Beckmann, Berendes, Bommer, Braun-Falco, Brück, Buchholz, Bücher, Dimroth, Dittrich, Dölle, Drawert, du Mesnil de Rochemont, Exner, Gedigk, Hamm, Hensel, Hettler, Heuser, Hildebrandt, Jacob, Karlson, Knauff, Korb, Lang, Linneweh, Löhr, Mahr, Mann, Martini, Marx, Matthes, Neubauer, Niessing, Petry, Pots, Rodeck, Rohen, Schiff, Schleyer, Schmid, Schrappe, Schwaiger, Seidel, Siegert, Siess, Straub, Streicher, Strohmeyer, Voss, Walcher.

